

Akseki-İbradı Planlama Birimi Orman Amenajman Planının ETÇAP İle Hazırlanması

Durmuş Ali ÇELİK¹ Ali İhsan KADIOĞULLARI² Abdurrahman ŞAHİN³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, dacelik@ktu.edu.tr

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, alikadi@ktu.edu.tr

³ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin, asahin@artvin.edu.tr

Özet

Ülkemizdeki orman amenajman planlarının yapımı, geleneksel planlama teknikleri ile gerçekleştirilmektedir. Lakin, kullanıcıların ormanlardan olan talebinin zamanla değişmesi, sürdürülebilir orman yönetimi kavramının gündemde olması, bilişim ve teknoloji alanında meydana gelen ilerlemeler ormanlardan optimalde faydalanmayı karar verme teknikleri ile düzenlemeyi zorunlu hale getirmiştir. Yöneylem araştırması teknikleri yardımı ile farklı plan senaryoların geliştirilerek, optimal çıktıların elde edilebileceği uygulanabilir bir plan gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman amenajman Anabilim dalı tarafından geliştirilen prototip ETÇAP (ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama) modelinin bir örnek planlama biriminde uygulaması sonuçları değerlendirilecektir. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki orman işletme müdürlüğüne bağlı İbradı planlama birimi örnek alan olarak seçilmiştir. Kızılcım, Karaçam, Sedir, Ardıç ve Göknaş türlerinin değişik oranlarda oluşturduğu İbradı planlama biriminin alanı 61095,79 ha olup verimli orman alanları 19075,05 hektardır (%32). Klasik planlama, geleneksel simülasyon ve doğrusal programlama tekniğine göre onar yıllık periyotlarla ormanın 120 yıllık kestirimi yapılmıştır. En yüksek odun hasılatı, alan kontrol metodu ve klasik plan senaryosu olmak üzere üç planlama senaryosu tasarlanmış ve ETÇAPSimülasyon ile ETÇAPOptimizasyon modelleriyle çözülmüştür. Orman ekosistemin performansı; toplam eta, yaş sınıfları dağılımı, gençleştirme-bakım alanları, dikili servet, karbon birikimi ve su üretim miktarının zamansal değişimi ile ölçülmüştür.

Bu çalışma sonucunda; İbradı planlama biriminin geleneksel planlama yaklaşımına göre ETÇAPKlasik yazılımı ile elde edilecek üretim miktarı, simülasyon ve optimizasyon teknikleri ile elde edilen eta miktarlarından bir hayli düşük olduğu görülmüştür. Ancak, silvikültürel müdahalelerin konumsal dağılımı burada dikkate alınmamıştır. Planlama birimlerindeki teknik ve idari sorunların bertaraf edildiği düşünüldüğünde, işletmelerin üretkenliğini son derece artırabilecek olan bu modellerin ülke ekonomisine de katkı sağlayacağı ortadadır.

Anahtar Kelimeler: Orman Amenajmanı, Modelleme Teknikleri, Simülasyon, Karar Destek Sistemleri, Modelleme

Abstract

Traditional planning technics are used for preparing of forest management plans in our country. However, changing of expectation of people utilizing from forest based on time, sustainable forest management concept, and improvement in technology and informatics force using decision making technics. Thanks to operations research, different planning scenarios can be developed and applicable plans providing optimal results can be prepared.

In this study, the results of a prototype EBMP (ecosystem based multiple use planning approach) model developed by Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry Forest Management are evaluated. As a case study area İbradı Planning Unit was selected. Calabrian pine, Black pine, Cedar, Juniper and Fir are tree species in the study area and the productive forest area %32 (19075,05 ha) of total area (61095,79 ha). The forest ecosystems were forecasted over 120 years with 10 years internal using classical approach, simulation and linear programming (LP) techniques. Three scenarios based on maximum wood production, area regulation, and classical management plan were developed and solved with ETCAPSimulation and ETCAPOptimization models. The performance of forest ecosystem was

evaluated in terms of temporary changing of total timber volume, distribution of age class, thinning and regeneration areas, standing volume, sequestration of carbon and water production.

As a result, ETÇAPKlasik generated rather less timber volume than ETCAPSimulasyon and ETCAPOptimization did. However, in this study, the spatial distribution of harvest, adjacency delay and opening size constraints were not exercised. The modeling approach has the great potential to increase the performance of the forest industries and contribute to the country's economy when the infrastructure is in place and the apparent technical as well as administrative problems are handled.

Keywords: Forest Management, Modeling technics, Sustainability, Decision Support System, Modeling.

1. Giriş

Ormancılığın temeli esasen planlamaya dayanmaktadır. Orman ekosistemlerin planlanması ormanlardan yararlanılmaya başlandığından beri ormancılık sektörünün önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. 1970 yıllara değin geleneksel formüller yaklaşımla orman amenajman planları hazırlanmakta idi. Oysaki Kuzey Amerika başta olmak üzere diğer ormancılıkta gelişmiş ülkeler ormanların planlanmasında simülasyon tekniklerini 1960li yıllarda kullanmaya başladılar. Ancak, bu teknik ile belirli işletme amacının eniyilenmesi garanti edilemediğinden planlama teknikleri arayışı devam etmiş ve 1970li yıllarda doğrusal programlama tekniğine dayalı çalışmalar başlatılmıştır. Amerika Birleşik Devletlerinde TİMBER-RAM bu bağlamda ilk planlama model yazılımıdır. Daha sonra, ormanlardan çık amaçlı yararlanma gündeme gelmiş ve MUSYC adında başka bir model yazılım geliştirilmiştir. 1990lı yıllara gelindiğinde daha sofistike plan yazılım modelleri tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bunlardan FORPLAN, SPECTRUM, WOODSTOK, GISFORMAN, HARVEST, ATLAS, ECHO öne çıkan planlama model yazılımlarıdır. Günümüzde bu yazılımların CBS arayüzü ile birleştirilerek konumsal orman amenajman plan yazılımları geliştirilmektedir.

Ülkemizde ilk düzenli orman amenajman planı 1917 yılında 5 Avusturyalı ve 5 Türk orman mühendisi tarafından Adapazarı Hendek'te yapılmıştır. Ancak, devlet planlama teşkilatının kuruluşuna kadar ülke ormanlarının tamamının planı yapılamamıştır. Türkiye'de orman amenajman planları, kalkınma planlarının ilk hazırlanmaya başladığı 1962 yılından itibaren 10 yahut 20 yıllık periyotlarla düzenlenmeye başlamıştır. Günümüze gelinceye kadar envanter ve teknik ormancılık uygulamalarında bir takım gelişmeler olmasına rağmen, odun üretimi eksenli klasik ormancılık anlayışından öteye tam anlamıyla geçilememiştir. Hazırlanan orman amenajman planlarında ana amaç, en yüksek odun hâsılatı elde etmek ve bunun sürekliliğini sağlamak olurken, envanter amaçları da bu doğrultuda işlemiştir. Orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu diğer ürün ve hizmetler (fonksiyonlar) sayısal olarak belirlenmediği gibi, bunlara bağlı koruma hedefleri ve işletme amaçları, öncelikleri ve ağırlıkları da tespit edilmemiştir (Köse ve Başkent, 2003; Yolaşmaz vd., 2005). Özellikle 1990'lı yıllardan sonra dünya'da orman amenajmanında meydana gelişme ve değişmelere ayak uydurmaya çalışan ülkemizde; Biyoçeşitlilik sözleşmesi ve Pan-Avrupa ve Yakın-Doğu süreçlerini benimsemiş, ormancılık anlayışında da bir takım köklü değişimler içerisine girmiştir. Bu bağlamda, orman kaynaklarının sürdürülebilir planlanması ve işletmeciliği ve özellikle biyolojik çeşitliliğin orman amenajman planlarına yansıtılması konusunda ulusal ve uluslar arası destekli projeler desteğinde pilot çalışmalar yapılmış ve son olarak bu planların tüm ülke kapsamında yaygınlaştırılması ve Türkiye ormancılığında uygulamaya aktarılması çalışmaları devam etmektedir. Son beş yıllık dönemde ise çok amaçlı planlama yaklaşımı değişim ve gelişim göstererek, ekosistem ve biyoçeşitlilik altlıklarını da alarak, Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) adını almış, ormancılık camiasının büyük bir kesimi tarafında da kabul görmüştür. Bu gelişmelere bağlı olarak, dünyada olduğu gibi Türkiye ormancılığı için de ülkemiz ormancılık politikalarını, amenajman yönetmeliğini, ülkenin sosyo-kültürel yapısını dikkate alan, bilişim teknolojilerinin

etkin şekilde kullanıldığı, amenajman planlarını modern planlama yaklaşımına göre düzenleyen bir KDS'ne gereksinim duyulmaktadır (Keles 2006).

Ormancılık sektörünün geliştiği ülkelerde orman amenajman planları modern teknolojik araçlarla yapılmaya başlandığında ülkemiz hala klasik yöntemlerle planlarını hazırlamaktaydı. Türkiye'de gelişmiş ülkelerde orman amenajmanı planlaması alanında yaşanan gelişmelerden hareket ederek gerek akademik çalışmalarla ve gerekse ormancılık teşkilatındaki çalışmalarla/projelerle bilişim teknolojileri ve yöneylem araştırması teknikleri etkin şekilde kullanılmaya çalışılmıştır. Soykan (1979) tarafından Kademeli Simülasyon Modeli (KASİMOD), Seçimlik Simülasyon Modeli (SESİMOD) ve Grafiksel Simülasyon Modeli (GRASİMOD) adı verilen üç adet simülasyon modeli geliştirilmiştir. Köse (1986) tarafından Trabzon Meryemana Araştırma Ormanında MERAPMO 1 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama Modeli 1) ve MERAPMO 2 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama Modeli 2) olmak üzere iki adet planlama modeli amaç programlama yöntemine göre geliştirilmiştir. Gül (1990), Basic programlama dili kullanarak orman amenajman planlarını düzenleyen bir yazılım geliştirmiştir. Mısı (2001), nesne tabanlı bir programlama tekniği ile birlikte karar verme tekniklerinden amaç programlama tekniğini kullanarak çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirmiştir. Gümüşhane ili Karanlıkdere planlama biriminde Keleş (2003) orman ekosistemlerinin su üretim fonksiyonunu, Karahalil (2003) toprak koruma fonksiyonlarını doğrusal programlama tekniği kullanarak amenajman planlarına yansıtmışlardır. Yolaşmaz (2005), Artvin planlama birimi ormanlarını ETÇAP anlayışı kapsamında doğrusal programlama tekniği kullanarak uzun dönem amenajman planlama senaryoları geliştirmiştir.

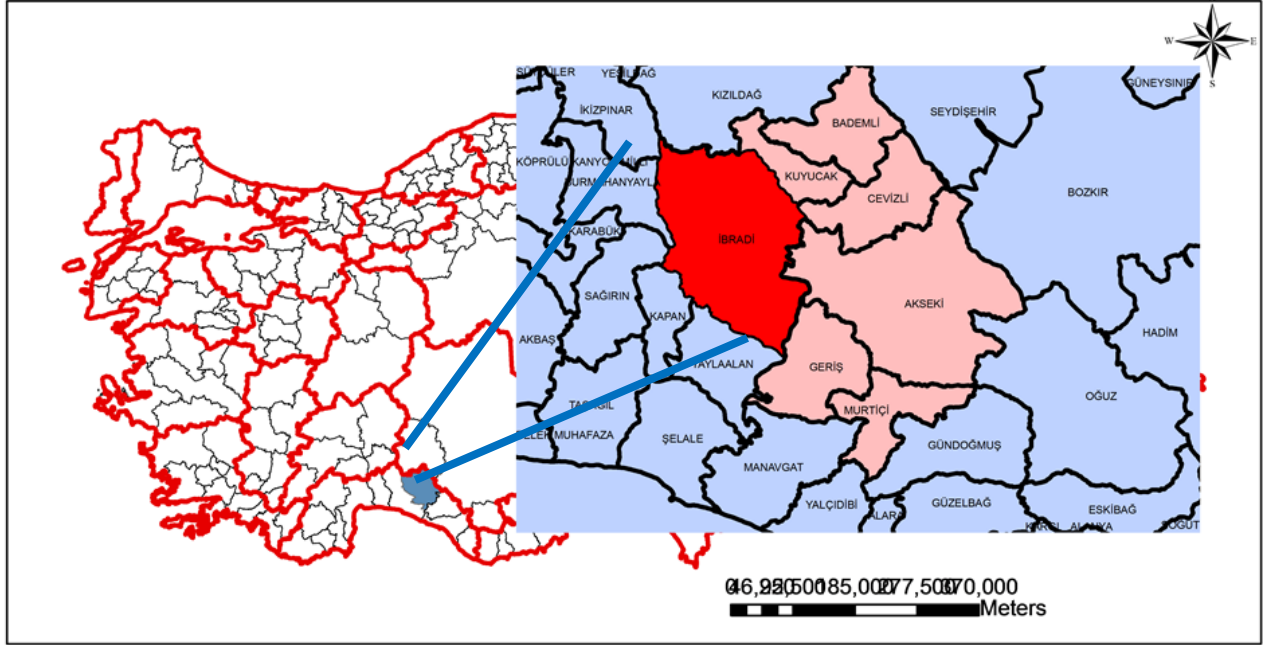
CBS, veri tabanı yönetim sistemleri, Uzaktan Algılama ve yöneylem araştırması tekniklerinin/teknolojilerinin ülke ormancılığına girdiği son zamanlarda Keles 2008, Zengin 2009 ve Kadioğulları 2009 tarafından yapılan çalışmalarda sırasıyla karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, çok amaçlı planlama ve konumsal orman amenajman planlaması kavramları gündeme gelmiştir. Doğrusal programlama tekniği kullanılarak çok amaçlı orman amenajman planlaması yapılmaya çalışılmıştır. Yine, uygulanabilir bir planının üretilmesi için de CBS arayüzlü ya da destekli konumsal orman amenajman plan yapım modeli ETÇAPKonumsal tasarımı yapılmıştır (Kadioğulları 2009).

Bu çalışmada, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman amenajman Anabilim dalı tarafından geliştirilen prototip ETÇAP (ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama) modelinin bir örnek planlama biriminde uygulaması sonuçları değerlendirilecektir. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki orman işletme müdürlüğüne bağlı İbradi planlama birimi örnek alan olarak seçilmiştir. Alanda Kızılçam, Gökmar, Karaçam, Meşe, Sedir ve Ardiç ağaç türleri bulunmaktadır. Orman dinamiğinin algılanmasının ya da sebep-sonuç ilişkisinin daha rahat kurulması hedeflendiği için temelde üç planlama senaryosu hazırlanmıştır. Geleneksel planlama senaryosu, maksimum odun üretimi senaryosu ve optimal periyodik alan (alan kontrol) senaryosu hem simülasyon ve hem de doğrusal programlama tekniğine dayalı optimizasyon modeli için sınanmıştır. Orman performans ölçütleri olarak da; toplam eta, müdahale alanları, karbon birikimi, su üretim miktarı ve dikili servet birikimi plan çıktıları olarak seçilmiş ve karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Alan Tanıtımı

Çalışma alanı Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı İbradi planlama birimidir (Şekil 1). Toplam 61096.08 hektarlık alanın 48420.43 (%79) hektarı ormanlık, 12675.65 ha. alan ise açıklık sahadır (Şekil 1). Alanda Kızılçam, Gökmar, Karaçam, Meşe, Sedir ve Ardiç ağaç türleri bulunmaktadır. Orman içindeki yapı sıkça değiştiğinden dolayı

alandaki saf ve karışık olmak üzere toplam 109 adet farklı meşcere bulunmaktadır. Genellikle bir kapalı meşcerelerin hakim olduğu İbradı ormanları, genellikle 3, 4 ve 5. bonitete sahip olup, 5. bonitetteki alan verimli ormanlık alanın % 60'ını oluşturmaktadır. Planlama birimi yaş sınıfları bakımından 4, 5 ve 6. yaş sınıflarına dağılmaktadır. Çalışma alanına ait orman envanteri 2009 yılında KTÜ Orman Fakültesi-OGM işbirliği ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil1. Planlama biriminin Coğrafi Konumu

3. Modelleme teknikleri ile Faydalanmanın Düzenlenmesi

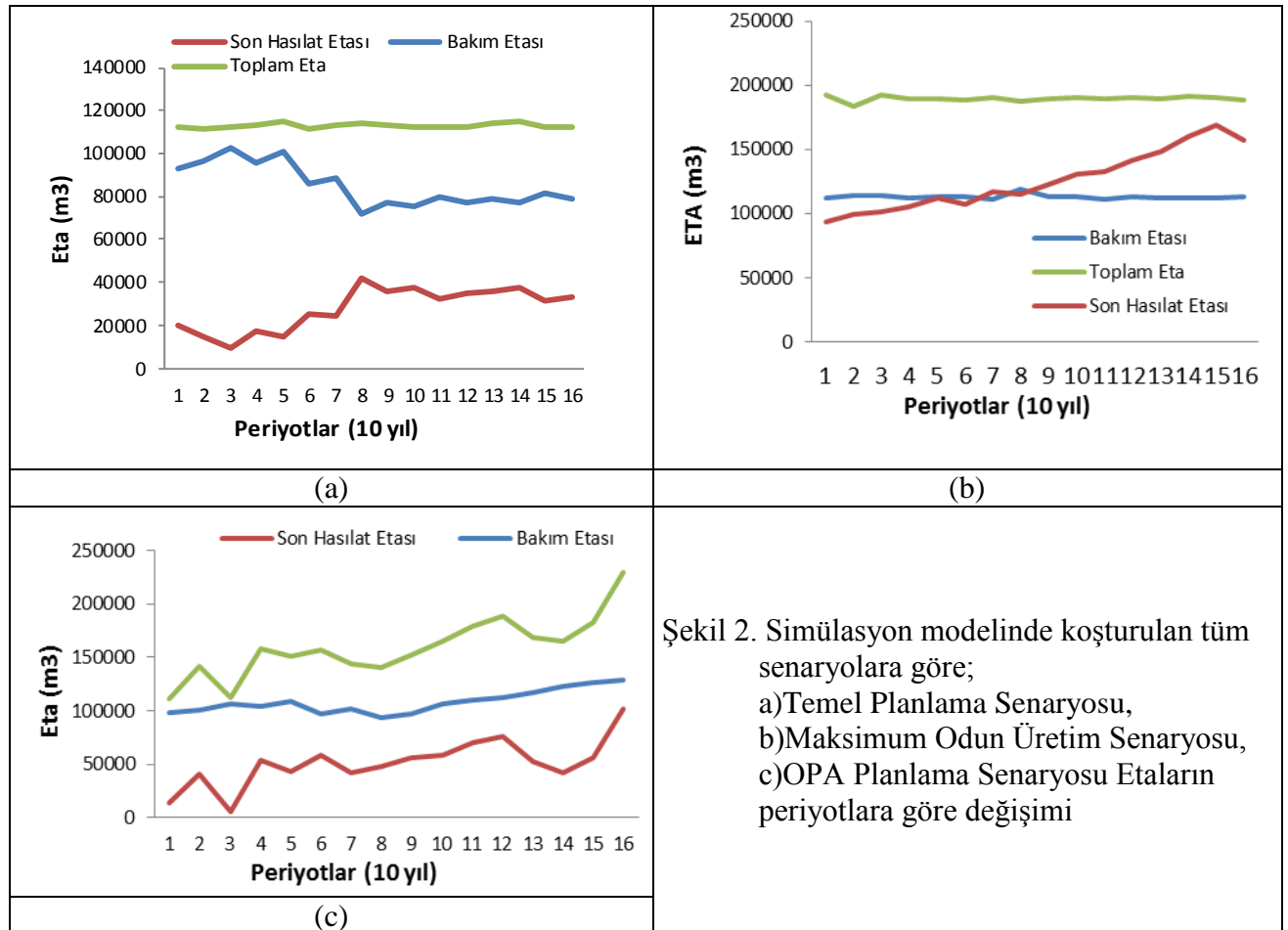
3.1. Simülasyon Model Yazılımı (ETÇAPSimülasyon)

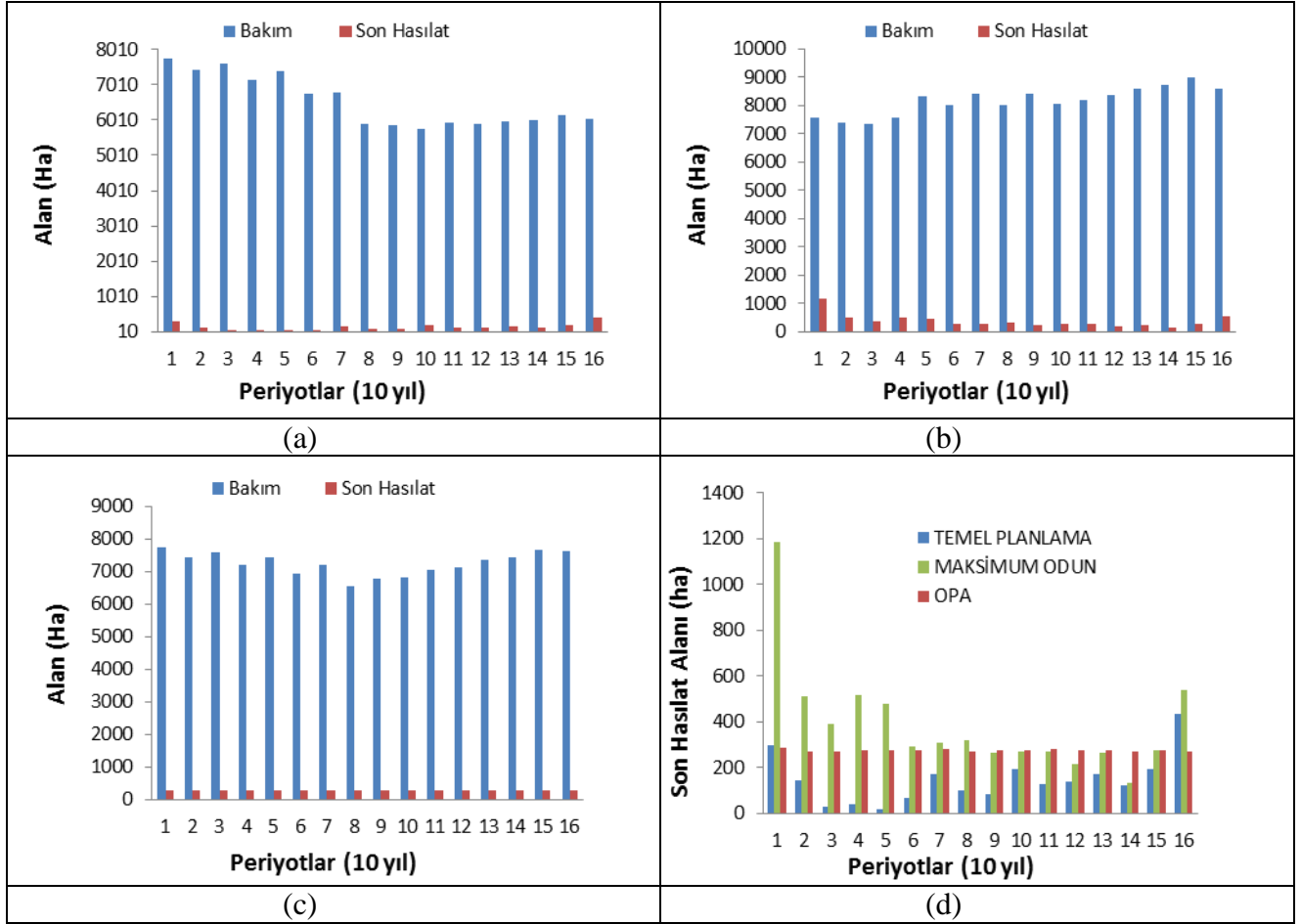
Planlama biriminin simülasyon tekniğine uygun olarak modelleme yaklaşımı ile planı ETÇAPSimülasyon yazılım ile hazırlanmıştır. Bunun için üç adet planlama senaryosu geliştirilmiştir. İlk senaryoda ETÇAPKlasik planlama modeli sonucuna yakın etaların elde edilmesinin amaçlandığı **“temel planlama”** senaryosu, ikincisi planlama biriminden Maksimum odun üretiminin hedeflendiği **“maksimum odun üretimi”** senaryosu ve son olarak da klasik planlama yaklaşımında belirlenen optimal periyodik alanlar kadar alanın her bir periyotta gençleştirmeye konu edildiği planlama senaryosu olan **“OPA”** planlama senaryosudur. Bu senaryolara ait özellikler aşağıdaki tabloda açıklanmıştır.

Temel Planlama Senaryosu	Maksimum Odun Üretimi (eşit eta akış) Senaryosu	OPA Planlama Senaryosu
<ul style="list-style-type: none"> Tüm senaryolarda U=160 yıl, n=10 yıl olarak belirlenmiştir. Gençleştirme ve bakım kuralı olarak “En yaşlı meşcerelerden” başlaması kararlaştırılmıştır. ETÇAPKlasik planlama yaklaşımında son hasılat etası verilmeyen fonksiyon ve işletme sınıflarına simülasyon modelinde de son hasılat etası öngörülmemiştir Fonksiyon ve işletme sınıflarındaki meşcere yapıları dikkate alınarak bakım etası için belirlenen yaşlarda servet değerinin %5-9 arasında eta alınması öngörülmüştür. 		
Klasik planlama senaryosunda karar verilen 10 yıllık toplam eta kadar her bir periyotta eta alınması öngörülmüştür.	Orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehlikeye atmadan her periyotta eşit eta alınması öngörülmüştür.	Son hasılatla konu her bir işletme sınıfı için belirlenen normal periyodik saha (OPA) kadar alanın her bir periyotta gençleştirilmesi ön görülmüştür.
Her bir periyot için 112.883,5m³ toplam eta alınması kararlaştırılmış ve en fazla %5 sapma miktarına izin verilmiştir.	Her bir periyot için 190.000 m³ toplam eta alınması kararlaştırılmış ve en fazla %5 sapma miktarına izin verilmiştir.	Eşit alan (OPA'lar kadar) seyir politikası hedefinden en fazla %5 sapma miktarına izin verilmiştir.

Temel Planlama Senaryosunda ETÇAPKlasik planlama yazılımının öngördüğü toplam eta miktarlarının her bir periyotta alındığı görülmektedir. Bu senaryoya göre 160 yıllık planlama yörüngesi boyunca her bir periyotta ortalama (10 yıl) $95.616,6\text{m}^3$ ara hasılat ve $17.514,61\text{m}^3$ son hasılat etası elde edilmiştir(Şekil 2a).Bu planlama senaryosu belirlenen kurallar gereği planlama yörüngesi boyunca toplam $1.810.099,4\text{m}^3$ eta miktarı ile en düşük toplam eta hedefine ulaşan simülasyon planlama senaryosu olmuştur. Alan bakımından sonuçlar ele alındığında ise; son hasılat konulu edilen alanlarda periyotlar itibariyle belli bir eğilim gözlenmezken, ara hasılat konulu edilen alanlar planlama yörüngesi boyunca nispeten azalan bir eğilim sergilemektedir (Şekil 3a).

Maksimum Odun Üretim Senaryosu her periyotta gençleştirme ve bakım alanlarından toplamda 190.000 m^3 (%5 sapma ile) eta hedefi değerine ulaşmış ve $3.034.317\text{m}^3$ toplam eta değeri ile en yüksek eta miktarına ulaşan planlama senaryosu olmuştur (Şekil 2b). Bu senaryoda planlama yörüngesi boyunca bakım alanları 7.327 ve 8.988 ha arasında bir değer göstermiş, Gençleştirme alanları ise azalan-artan bir eğilim göstermiştir (Şekil 3b). Bunun sebebi ise arzulanan eta miktarına ulaşabilmek için ilk önce maksimum miktarda bakıma alınabileceği alanları aldıktan sonra geri kalan etayı gençleştirme alanlarından elde etmesindendir. OPA Planlama Senaryosuna göre, planlama yörüngesi boyunca elde edilecek toplam eta bakımından bir sınırlama bulunmadığından, $2.546.653\text{ m}^3$ toplam eta miktarı diğer senaryolarla karşılaştırıldığında düzenli bir eğilim oluşmamıştır. Mevcut strateji her periyotta OPA 271ha kadar alan gençleştirmeyi öngördüğünden, planlama yörüngesi sonunda her periyotta eşit alan oluşmuş (Şekil 3c, 3d) ve toplam etayı gösteren eğri son hasılat etasını veren eğriye paralel bir eğilim göstermiştir(Şekil 2c).

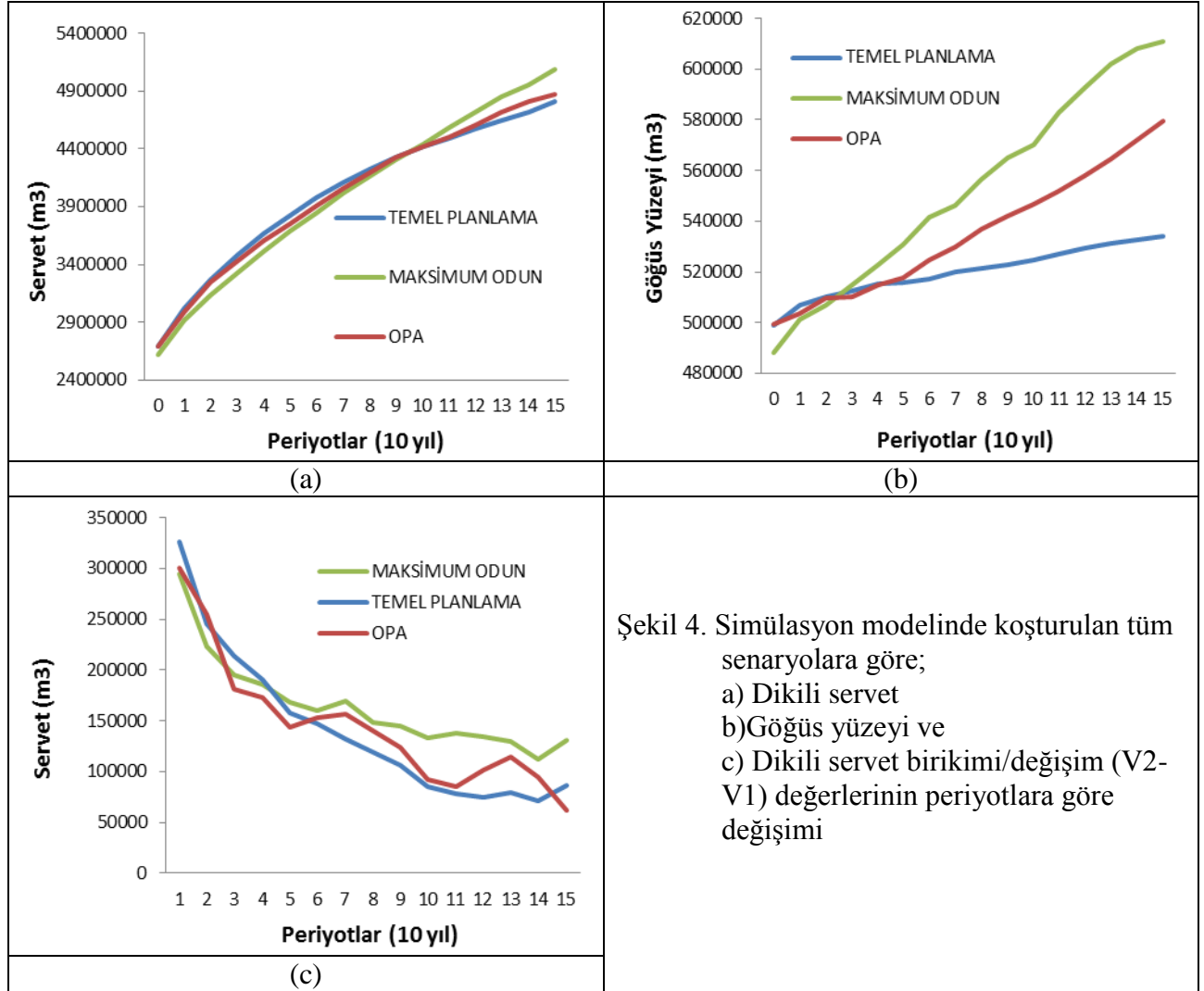




Şekil 3. a) Temel Planlama Senaryosu, b) Maksimum Odun Üretim Senaryosu, c) OPA Planlama Senaryosu'na göre etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı, d) Tüm senaryolara göre gençleştirme alanlarının değişimi

Her üç senaryoya göre ormandaki dikili servet değişim hızları farklı olmakla birlikte doğrusala yakın bir artış göstermektedir (Şekil 4a). En fazla servet artışı "maksimum odun üretimi" senaryosunda ortaya çıkmasının temel sebebi, bu senaryoda daha fazla alanın gençleştirilmesi ve gençleştirilen bu alanların hasılat tablosuna göre büyümesidir. Üstelik, model maksimum odun üretimini sağlayabilmek için ilk periyotta çok az servete sahip bozuk meşcereleri ve aynı zamanda gençleştirme ölçütlerini sağlayan diğer tüm meşcereleri gençleştirmeye almıştır. Ancak, bu senaryoda periyotlar arası eşit eta kuralı dikkate alınarak süreklilik ilkesine uyulmuştur.

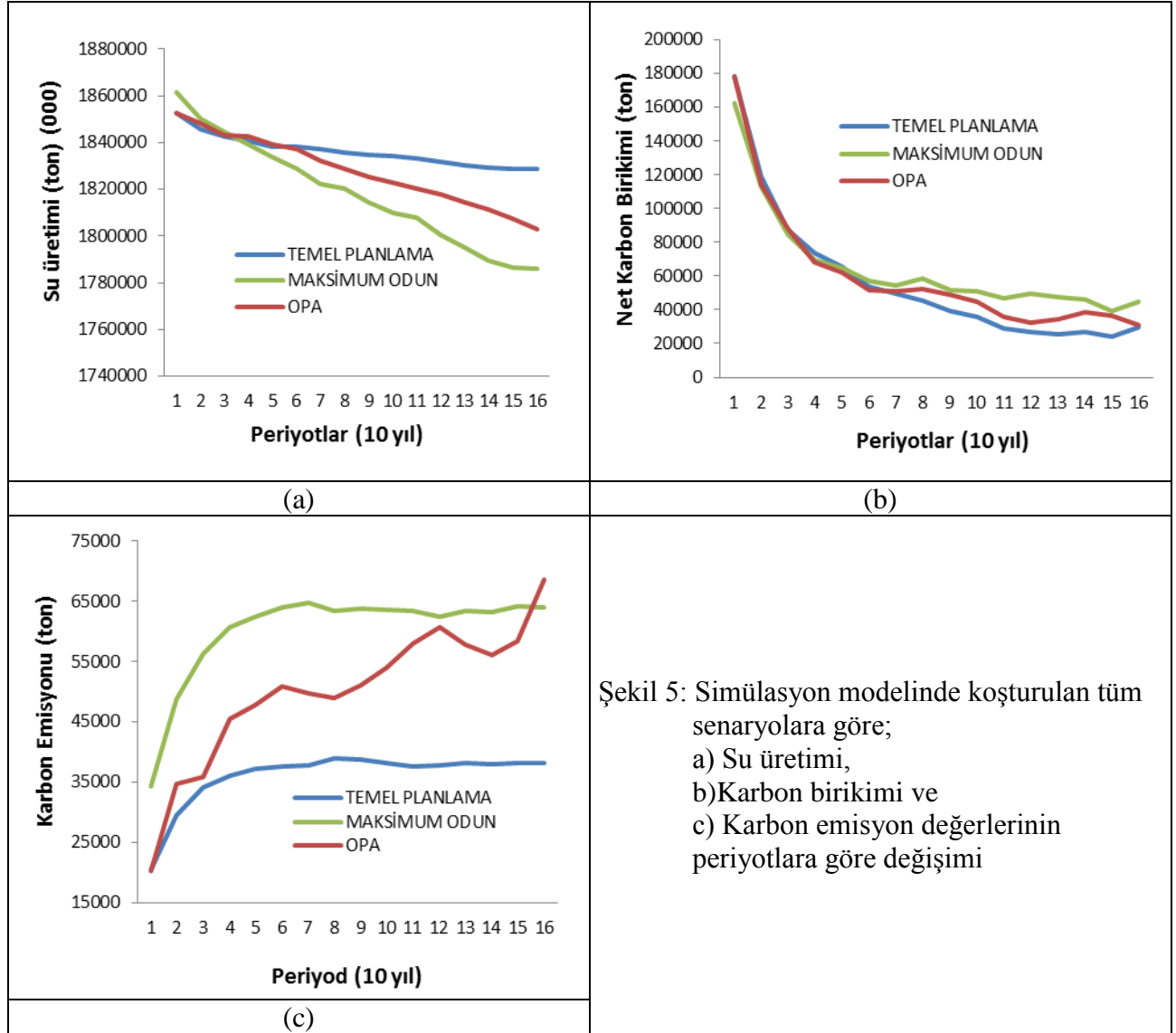
Göğüs yüzeyi, planlama yörüngesi boyunca tüm senaryolarda benzer eğilim izlemesine rağmen maksimum odun üretim senaryosunda daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bunun sebebi yine maksimum ürün elde etmek için ilk periyotta göğüs yüzeyi çok düşük bozuk ve genellikle 1 kapalı meşcerelerin gençleştirilmesi ve gençleştirilen bu alanlarının da hasılat tablosu değerlerine göre büyümesidir (Şekil 4b). Beklendiği gibi, su üretiminin planlama yörüngesi boyunca gösterdiği eğilim göğüs yüzeyine paralel ancak ters orantılı bir değişim göstermektedir (Şekil 5a).



Şekil 4. Simülasyon modelinde koşturulan tüm senaryolara göre;
a) Dikili servet
b) Göğüs yüzeyi ve
c) Dikili servet birikimi/değişim (V2-V1) değerlerinin periyotlara göre değişimi

Karbon birikim⁵ değerlerine bakıldığında ise; her üç planlama senaryosuna göre net karbon birikimi periyotlar itibarıyla değişse de, genel olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 5b). Bunun nedeni, toplam eta miktarının periyotlar arası aynı olmasına rağmen salınan emisyon miktarının giderek artması ve bununla birlikte dikili servet birikimi değerindeki hızlı azalış oranıdır (Şekil 5c, Şekil 4c). Burada dikkat çeken gelişme ise, maksimum odun üretimi senaryosunun en fazla karbon üretimini sağlaması ve buna karşın temel planlama stratejisinin ise (112.853 m³ ile en düşük eta üretimi stratejisi) en düşük karbon birikimini sağlamasıdır. Bunu temel sebebi ise, modelin odun üretimini eniyilemek için ilk periyotlarda gençleştirdiği ve gençleştirildikten sonra optimal olarak gelişim seyrettiği kabul edilen düşük servete sahip bozuk ve 1 kapalı alanların diğer strateji sonuçlarına göre nispeten fazla olmasıdır (Şekil 5b).

⁵ Her bir periyottaki Karbon Birikimi = (V2-V1)+Eta – Emisyon formülüyle hesaplanmıştır. Karbon emisyon miktarı ise, eta ve doğal yolla ayrılan odun ürünü çeşidine göre hesaplanmıştır.



Şekil 5: Simülasyon modelinde koşturulan tüm senaryolara göre;
a) Su üretimi,
b) Karbon birikimi ve
c) Karbon emisyon değerlerinin periyotlara göre değişimi

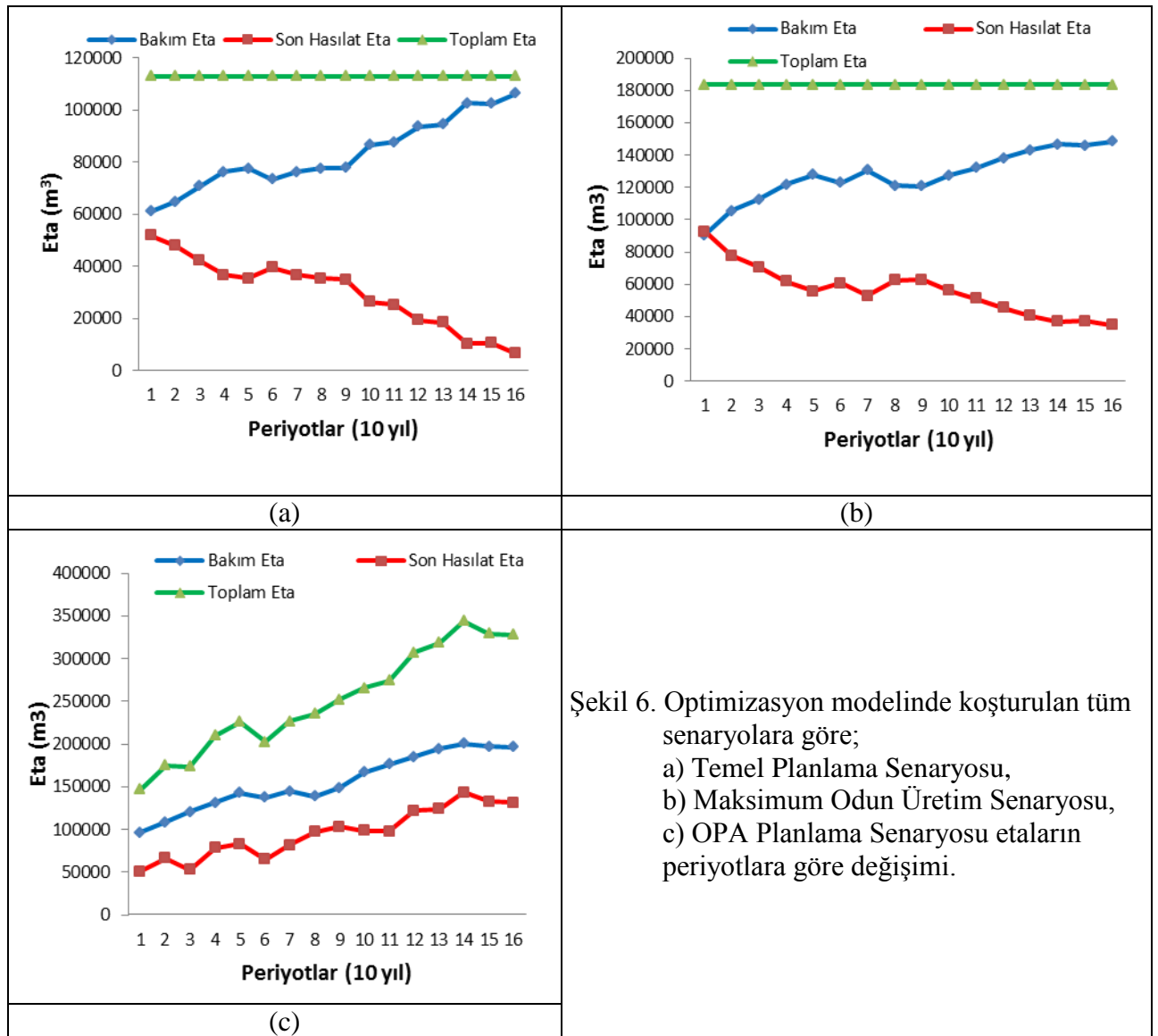
3.2. Optimizasyon Model Yazılımı (ETÇAPOptimizasyon) ile Faydalanmanın Düzenlenmesi

Planlama biriminde faydalanma optimizasyon tekniğine uygun olarak ETÇAPOptimizasyon yazılımı ile de düzenlenmiştir. Bunun için simülasyon tekniğinin uygulanmasında kullanılan senaryolar ile aynı özelliklere sahip üç adet planlama senaryosu geliştirilmiştir. Birincisi klasik planlamaya göre gerçekleştirilen etanın sürekliliğinin amaçlandığı temel planlama senaryosu, ikincisi planlama biriminden her bir periyotta eşit eta elde edilecek şekilde maksimum odun üretiminin hedeflendiği maksimum odun üretim senaryosu ve son olarak da her periyotta eşit alanın gençleştirmeye konu edildiği planlama senaryosu olan OPA planlama senaryosudur.

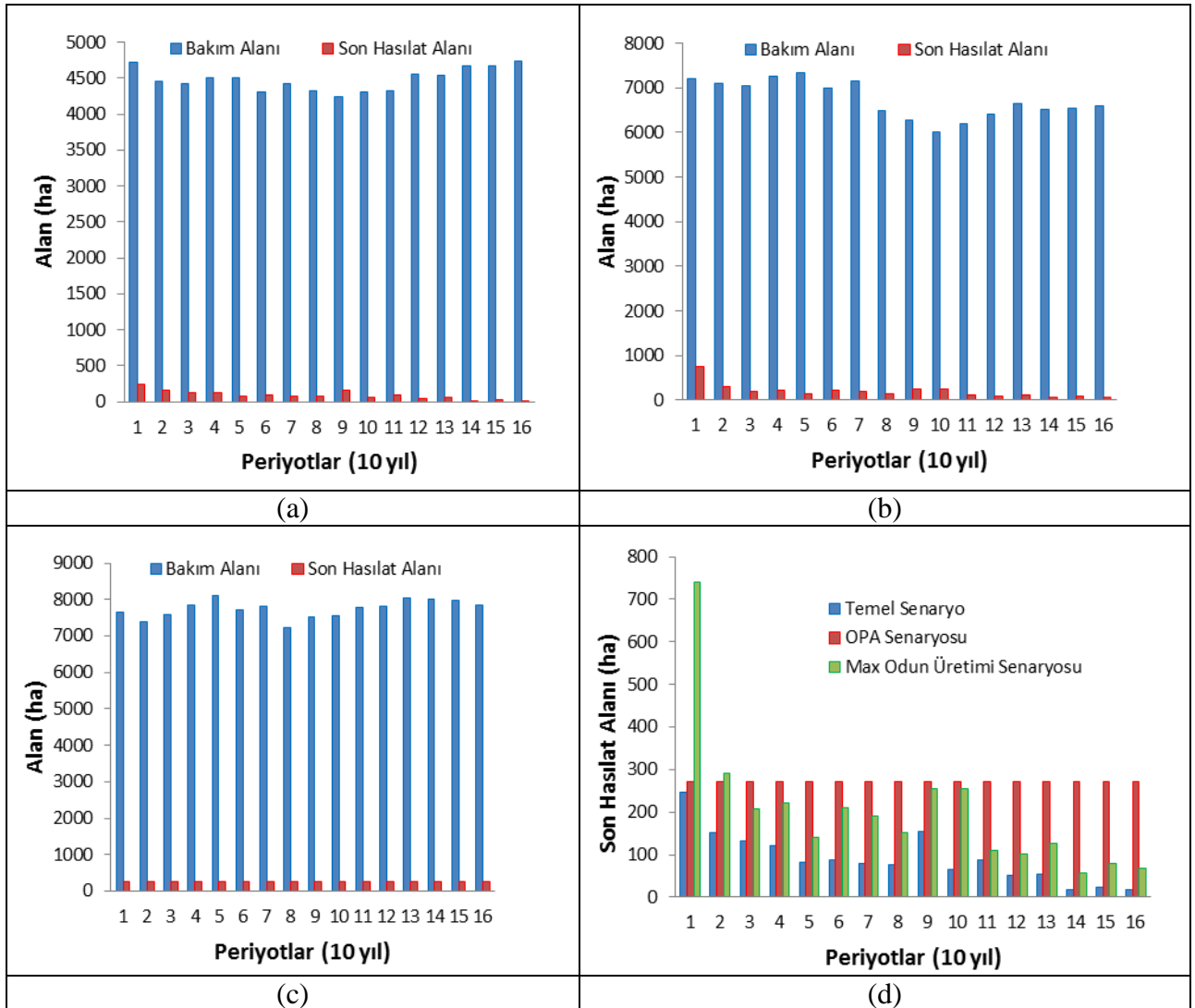
Temel Planlama Senaryosu	Maximum Odun Üretimi (eşit eta akış) Senaryosu	OPA Planlama Senaryosu
• Tüm senaryolarda U=160 yıl, n=10 yıl olarak belirlenmiştir.		
• Amaç fonksiyonu "Odun üretiminin eniyilenmesi" olarak belirlenmiştir.		
• ETÇAPKlasik planlama yaklaşımında Son Hasılat etası verilmeyen fonksiyon ve işletme sınıflarına simülasyon modelinde de son hasılat etası öngörülmemiştir.		
• Fonksiyon ve işletme sınıflarındaki meşcere yapıları dikkate alınarak bakım etası için belirlenen yaşlarda servet değerinin %5-9 arasında eta alınması öngörülmüştür.		

Klasik planlama senaryosunda karar verilen 10 yıllık toplam eta kadar her bir periyotta eta alınması öngörülmüştür.	Orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehlikeye atmadan her periyotta eşit eta alınması öngörülmüştür.	Son hasılatı konu her bir işletme sınıfı için belirlenen OPA miktarı kadar alanın her bir periyotta gençleştirilmesi öngörülmüştür.
Her bir periyot için 112.883,5m³ toplam eta alınması kararlaştırılmıştır.	Planlama yörüngesi sonunda maksimum odun üretimi miktarının alınması hedeflenmiştir.	Planlama yörüngesi sonunda maksimum odun üretimi miktarının alınması hedeflenmiştir.

Temel planlama senaryosunda ETÇAPKlasik planlama yazılımında belirlenen 10 yıllık periyodik etanın 160 yıl boyunca sürekli bir şekilde alınması sağlanmıştır. Bu senaryo ile planlama yörüngesi boyunca toplamda 1.806.136 m³ eta alınmış ve böylece bu senaryo en düşük toplam eta hedefine ulaşan optimizasyon senaryosu olmuştur (Şekil 6a). Gençleştirme etası azalan bir eğilim gösterirken, bakım etası artan bir eğilim göstermiştir. Etaların elde edildiği alanların dağılımı ise modelde bir alan sürekliliği kısıtı olmadığından değişen bir yapı göstermektedir (Şekil 7a). Kısacası, her ne kadar toplam eta bakımından süreklilik sağlanmış ise de gençleştirme alanları ve yaş sınıfları dağılımı bakımından süreklilik tam anlamıyla sağlanamamıştır (Şekil 7a,7d).



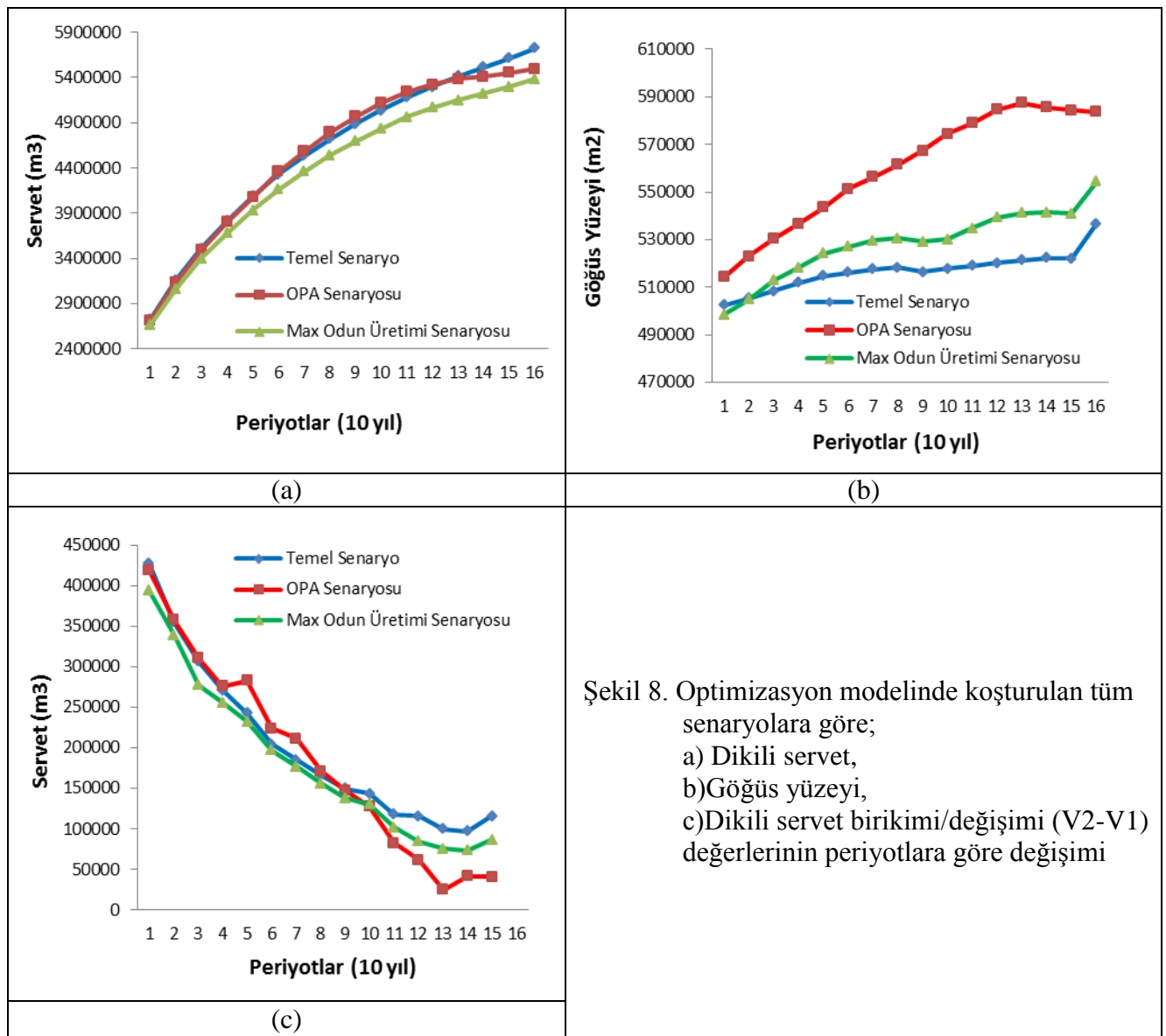
Maksimum Odun Üretim senaryosunda, uygulanan eşit eta politikası gereği her periyotta $183.614,8\text{m}^3$ toplam eta elde edilmiştir. Böylece bu planlama senaryosu, plan yörüngesi boyunca toplam $2.937.837\text{ m}^3$ eta miktarına ulaşan planlama senaryosu olmuştur. 160 yıllık planlama yörüngesi boyunca gençleştirme etasında azalma olurken, bakım etasında artış görülmüştür (Şekil 6b). Bu etalar elde edilirken gençleştirmeye konu en büyük alan miktarı birinci periyotta 748ha iken, en düşük gençleştirme alanı 14. periyotta 60ha olarak gerçekleşmiştir (Şekil 7b). Bu değişimdeki en önemli faktör, elde edilen gençleştirme etası miktarı ve aktüel meşcere yapısıdır. Tüm periyotlarda yaklaşık 6.147 ile 7.361 hektar arasında alan bakıma konu edilmiştir. OPA planlama senaryosuna göre; diğer senaryoların aksine bir eta sürekliliği söz konusu değildir. Öngören senaryo ile planlama yörüngesi boyunca $4.017.564\text{m}^3$ ile en fazla toplam eta miktarı elde edilmiştir. Toplam etayı gösteren eğri son hasılat etasını veren eğriye paralel bir eğilim göstermiştir. Bakım etaları periyotlar itibariyle planlama yörüngesi boyunca artan bir eğilim göstermektedirler (Şekil 6c). Gençleştirme etası $51.008,87\text{m}^3$ ile $143.617,6\text{m}^3$ arasında bir seyir gösterirken, bakım etaları $96.154,03\text{m}^3$ ile $200.776,8\text{m}^3$ arasında değişen bir seyir göstermiştir. Planlama yörüngesi sonunda eşit yaş sınıfı dağılımı elde edildiği, senaryo gereği etaların elde edildiği alanlarda 271 ha alan ile allan sürekliliği sağlandığı ancak bakım alanlarında alan sürekliliğinin olmadığı görülmektedir (Şekil 7c, 7d).

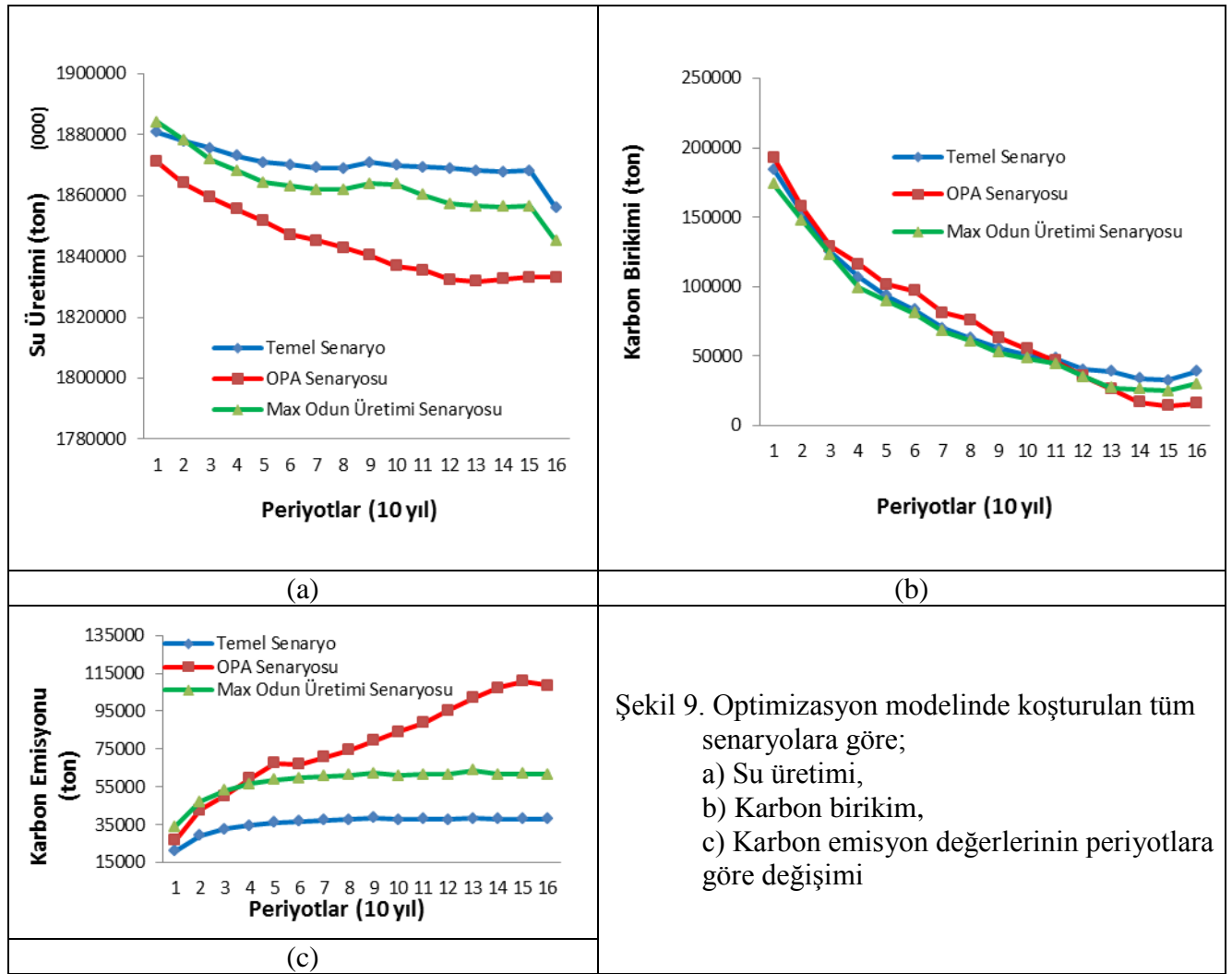


Şekil 7. Optimizasyon modelinde koşutlanan tüm senaryolara göre; a) Temel Planlama Senaryosu, b) Maksimum Odun Üretim Senaryosu, c) OPA Planlama Senaryosu Etaların elde edildiği alanların periyotlara göre değişimi, d) Tüm senaryolara göre gençleştirme alanlarının değişimi.

Tüm bu senaryolara bağlı olarak ormanın dinamik yapısı topluca incelenmiştir. Simülasyon sonuçlarında olduğu gibi her üç planlama senaryosu için dikili servet birikiminde gittikçe azalan bir artış görülmektedir (Şekil 8a, 8c). Tüm senaryolar için göğüs yüzeyleri periyotlar boyunca dikili servet değerine paralel şekilde ancak daha düşük bir ivmeyle artan bir değişim göstermektedir. (Şekil 8b). Su üretim değerleri ise göğüs yüzeyi ile su üretimi arasındaki ters orantılı ilişkiyi yansıtacak şekilde değişim göstermektedir (Şekil 9a).

Tüm senaryolar için karbon birikim değerleri ilk periyotta servet değerleri düşük olmasına rağmen karbon emisyon değerinin de düşük olmasıyla ilk periyotta fazla görülmektedir. Ancak ilerleyen periyotlarda dikili servetin artmasına rağmen, emisyon değerlerinin fazlalığından ve aynı zamanda servet değişim değerlerinin giderek azalmasından dolayı (Şekil 8c) net karbon değeri azalmaktadır (Şekil 9b, 9c). Planlama yörüngesi boyunca en fazla toplam etayı OPA senaryosu verdiği için en fazla karbon birikimini de bu senaryo sağlamıştır (Şekil 9b).





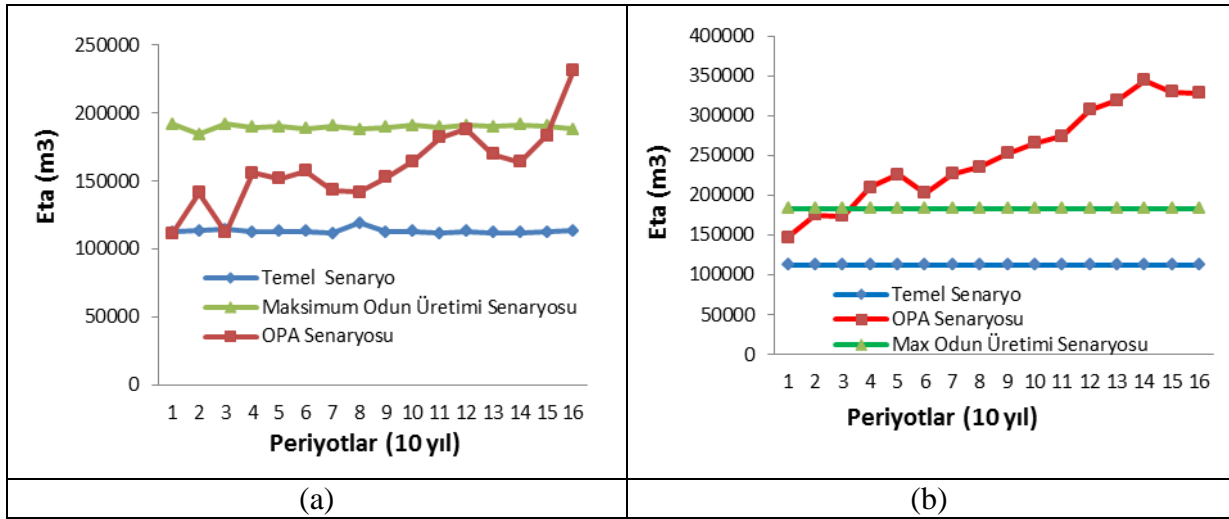
Şekil 9. Optimizasyon modelinde koşturulan tüm senaryolara göre;
a) Su üretimi,
b) Karbon birikimi,
c) Karbon emisyon değerlerinin periyotlara göre değişimi

Etaların Karşılaştırılması

Simülasyon modeline göre; Maksimum odun üretimi senaryosu $3.034.317\text{m}^3$, OPA senaryosu $2.548.653\text{m}^3$ ve temel planlama senaryosu da $1.810.099\text{m}^3$ toplam eta miktarı vermiştir. Elde edilen toplam etalar üç senaryo arasında karşılaştırıldığında; temel senaryoda elde edilen eta miktarları OPA senaryosunda elde edilen eta miktarından yaklaşık %30 ve maksimum odun üretimi senaryosundan ise yaklaşık %40 oranında düşüktür (Şekil 10a). Bu farklılığının nedenleri arasında planlama biriminde uygun gençleştirme alanların olmasına karşın, uygulamada karşılaşılabilen işgücü ve benzeri sorunlar sebebiyle planlama ve uygulamada daha muhafazakar davranılması ve eski plan döneminde gençleştirmeye konu edilen alanların dahi zaman zaman tamamlanamaması planlama biriminden yeterince faydalanılamaması gösterilebilir. Bu sorunların çözülmesiyle birlikte, modelleme yaklaşımı ile alandan sürdürülebilir yararlanma düzeyinin çok daha fazla olabileceği açıkça görülmektedir.

Optimizasyon model sonuçlarına göre; en fazla toplam eta miktarı sırasıyla $4.017.564\text{m}^3$ ile OPA, $2.937.837\text{m}^3$ ile maksimum odun üretimi, ve son olarak da $1.806.136\text{m}^3$ ile temel planlama senaryosunda üretilmiştir. Temel senaryoda elde edilen eta miktarı OPA senaryosunda elde edilen eta miktarından yaklaşık % 55, maksimum odun üretimi senaryosundan ise yaklaşık %39 oranında düşüktür (Şekil 10b). Maksimum odun üretimi ve Temel Planlama senaryolarında gençleştirilen alanlar için eşit alan kısıtı öngörülmemesinden dolayı planlama yörüngesi boyunca

gençleştirilen alanlarda alan sürdürülebilirliği sağlanamamıştır (Şekil 7a, 7b). Ancak OPA senaryosunda sabit 271 ha alan gençleştirmeye alınarak alan sürekliliği sağlanmış ve meşcere yapısındaki değişime bağlı olarak eta miktarı da artış göstermiştir (Şekil 10b, 7c).



Şekil 10. a) Simülasyon ve b) Optimizasyon model sonuçlarına göre her bir plan stratejisinden elde edilen etaların zamana göre değişimi.

Tüm model sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, planlama yörüngesi boyunca aynı senaryo parametreleri uygulandığında en yüksek eta miktarlarının optimizasyon model yazılımıyla elde edildiği görülmektedir. OPA optimizasyon senaryosunda, mevcut planlama yaklaşımı ile verilen toplam etanın yaklaşık iki katı kadar eta alınması öngörülmektedir. Bir hayli yüksek olan bu sonuçların uygulamaya aktarılması modern ve yoğun orman işletmeciliğini gerektirmektedir. Ancak, bilimsel bir proje kapsamında geliştirilen simülasyon ve optimizasyon model seçenekleri sonuçlarının coğrafi dağılımı burada kontrol edilmemiştir. Dolayısıyla, bu sonuçların kolayca uygulamaya aktarılabilmesi için gençleştirme alanlarının konumsal dağılımları kontrol edilmelidir. Bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca, bu seçeneklerin ekonomik sonuçları da incelenmemiştir. Meşcerelerin zamana bağlı büyüme ve artım dinamikleri / modelleri ise aktüel ile optimal meşcere parametrelerine göre kestirilmiş ve geçişlerin aynı olacağı varsayılmıştır. Buradan hareketle, bu sonuçların uygulamaya aktarılmadan önce ormancılık politikaları, işletme kapasitesi, işletme amaçları ve toplumun orman ekosistemlerinden beklentileri doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir. Planlama birimlerindeki teknik ve idari sorunların bertaraf edildiği düşünüldüğünde, işletmelerin üretkenliğini son derece artırabilecek olan bu planlama yazılımlarının ülke ekonomisine de bir hayli katkı sağlayacağı ortadadır.

Kaynaklar

- Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2004. Ormancılıkta Model ve Modelleme Kavramlarının Kullanımı ve Genel Değerlendirmesi (1. Bölüm), Orman Mühendisliği Dergisi, Ocak-Şubat-Mart 2004, Yıl 41, Sayı 1-2-3, 19-24.
- Başkent, E.Z., Keleş, S. ve Yolaşmaz, H.A., 2008. Comparing multi-purpose forest management with timber management in incorporating timber, carbon and oxygen values: A case study, Scandinavian Journal of Forest Research, 23 (2), 105-120.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., 2008. Developing alternative forest management planning strategies incorporating timber, water and carbon values: An examination of their interactions, Environmental Modeling and Assessment.
- Bettinger, P. ve Lennette, M., 2004. Landscape management policy Simulator (LAMPS) version 1.1. user guide. Oregon State University, College of Forestry, Research Contribution 43.

- Chappelle, D.E., Mang, M. ve Miley, S.C., 1976. Evaluation of TimberRAM as a forest management planning model, *Journal of Forestry*, 74 (5), 288-293.
- Church, R.L., Murray, A.T., Figueroa, M.A. ve Barber, K.H., 2000. Support system development for forest ecosystem management, *European Journal of Operational Research*, 121 (2), 247-258.
- Covington, W.W., Wood, D.B., Young, D.L., Dykestra, D.P. ve Garrett, L.D., 1988. TEAMS: A decision support system for multiresource management, *Journal of Forestry*, 86 (8), 25-33.
- Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P. ve Howard, T.E., 2001. *Forest Management: to Sustain Ecological, Economic, and Social Values*. McGraw-Hill Companies Inc, 804s.
- Diaz-Balteiro, L. ve Romero, C., 2003. Forest management optimisation models when carbon captured is considered: a goal programming approach, *Forest Ecology and Management*, 174, 447 – 457.
- Guo, Z., Xiao, X., Gan, Y. ve Zheng, Y., 2001. Ecosystem functions, services and their values – a case study in Xingshan County of China, *Ecological Economics*, 38, 141 – 154.
- Hof, J.G. ve Baltic, T.J., 1990. Cost Effectiveness from Regional Optimization in the USDA Forest Service, *Forest Science*, Volume 36, Number 4, 939-954.
- Hof, J., Bevers, M., Joyce, L. ve Kent, B., 1994. An integer programming approach for spatially and temporally optimizing wildlife populations, *Forest Science*, 40 (1), 177 – 191.
- Hof, J.G. ve Bevers, M., 2000. Optimal timber harvest scheduling with spatially defined sediment objectives, *Canadian Journal of Forest Research*, 30(9), 1494 – 1500.
- Johnson, K., Stuart, T. ve Crimm, S., 1986. FORPLAN Version 2: An overview, USDA Forest Service, Land Management Planning Systems Section, Washington – USA, 80 sayfa.
- Kangas, J., Store, R., Leskinen, P. ve Mehtatalo, L., 2000. Improving the quality of landscape ecological forest planning by utilizing advanced decision support tools, *Forest Ecology and Management*, 132, 157–171.
- Keleş, S., 2008. Orman amenajman karar destek sistemlerinin geliştirilmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Basılmamıştır.
- Keleş, S., Karahalil, U., Sivrikaya, F., Cakir, G., ve Başkent, E.Z., 2005. Multipurpose Forest Planning with Mathematical Optimization Techniques: A Case-study. *The Multifunctional Role of Forests: Policies, Methods and Case Studies*, Padova, Italy.
- Keleş, S., Yolasiğmaz, H.A. ve Başkent, E.Z., 2007. Long term modeling and analyzing of some important forest ecosystem values with linear programming, *Fresenius Environmental Bulletin*, 16 (8), 963-972.
- MMFA., 2001. ECHO planning System, planner's uder guide. McGregor Model Forest Association, British Columbia, Canada, <http://www.mcgregor.bc.ca/>.
- Mumcu, D., 2007. Yalnızçam ormanlarının ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanması ve orman dinamiğinin ekonomik ve idare süreleri açısından değerlendirilmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Nalli, A., Nuutinen, T. ve Paivinen, R., 1996. Site spesific constraints in integrated forest planning, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 85 – 96.
- Nasset, E., 1997. GIS in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review, *Forest Ecology and Management*,
- Nelson, J.D., 2000. ATLAS operations manual, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 77 sayfa (<http://www.forestry.ubc.ca/atlas-simfor/extension/docs.html#ATLAS>).
- Pukkala, T., 2004. Dealing with ecological objectives in the MONSU planning system. *Silva Lusitana*, no especial, 1-15.
- Pukkala T. ve Heinonen, T., 2006. Optimizing heuristic search in forest planning, *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 7, 1284–1297.
- Reynolds, K.M., 2005. Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: Fact or fiction? *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Rowse, J. ve Center, C.J., 1998. Forest Harvesting to Optimize Timber Production and Water Runoff, *Socio-Econ. Plan. Sci.*, Vol.32, No.4, 277-293).
- Scott, J., 1991. SARA user's manual, version 1991.1, Berkeley, CA: Department of orestry and Resource Management, University of California at Berkeley, USA.



- Sivrikaya, F., 2008. Türkiye’de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Soykan, B., 1979. Aynıyaşlı ormanların aktüel kuruluşlarının optimal kuruluşa yaklaştırılmasında yöneylem araştırması metotlarından yararlanma olanaklarının araştırılması. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 106, Orm. Fak. Yayın No: 5, Trabzon, 252 sayfa.
- Tiernan, D. ve Nieuwenhuis, M., 2005. Financial optimisation of forest-level harvest scheduling in Ireland – A case study, *Journal of Forest Economics*, 11(1), 21-43.
- Van Raffe, J.K., 2000. Tactic: a decision support system for forest management planning, *Computers and Electronics in Agriculture*, 27, 413–415.
- Walters, K.R., 1993. Design and development of a generalized forest management modeling system: WOODSTOCK. *Proceedings of the International Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry*, Valdivia, Chile, 190-196.
- Wood, D.B., Fox, B.E. ve Covington, W.W., 1989. Computer-based approach for teaching multiresource management, *Journal of Forestry*, 87 (11), 11-15.
- Yolasığmaz, H.A., Sivrikaya, F., Keleş, S. ve Günlü, A., 2005. Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama. 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, Antalya.
- Zhou, W. ve Gong, P., 2003. Multiple Tradeoffs in Swedish mountain region forests, *Forest Policy and Economics*, 7 (1), 39 – 52.